

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-051988

(43)Date of publication of application : 21.02.2003

(51)Int.Cl.

H04N 5/335

H01L 27/146

H01L 27/148

H01L 31/10

(21)Application number : 2001-238951

(71)Applicant : INST OF PHYSICAL & CHEMICAL RES
ICHIKAWA MICHINORI

(22)Date of filing : 07.08.2001

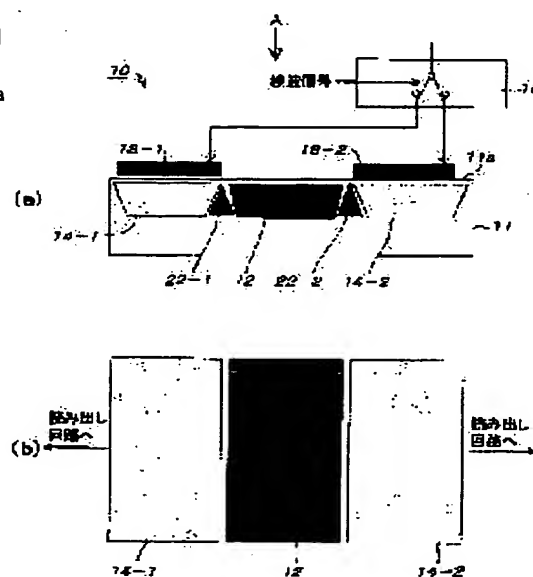
(72)Inventor : ICHIKAWA MICHINORI

(54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state image pickup element that enables luminous intensity phase detection for a signal with high frequency.

SOLUTION: The solid-state image pickup element is provided with a photoelectron conversion means, onto which light subjected to intensity modulation is made incident and that generates photoelectrons through photoelectron conversion, a plurality of storage means that store photoelectrons generated by the photoelectron conversion means, and a photoelectron storage control means that selects any of the storage means, depending on a signal synchronously with the intensity modulation light, and controls the selected storage means to store the photoelectrons generated by the photoelectron conversion means.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

the sign of the

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-51988
(P2003-51988A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 4 N 5/335		H 0 4 N 5/335	P 4 M 1 1.8
H 0 1 L 27/146		H 0 1 L 27/14	U 5 C 0 2 4
27/148			B 5 F 0 4 9
31/10		31/10	A
			A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-238951(P2001-238951)

(22) 出願日 平成13年8月7日 (2001.8.7)

(71) 出願人 000006792
理化学研究所
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号

(71) 出願人 598070762
市川 道教
東京都板橋区成増 3-46-8

(72) 発明者 市川 道教
東京都板橋区成増 3-46-8

(74) 代理人 10008/000
弁理士 上島 淳一

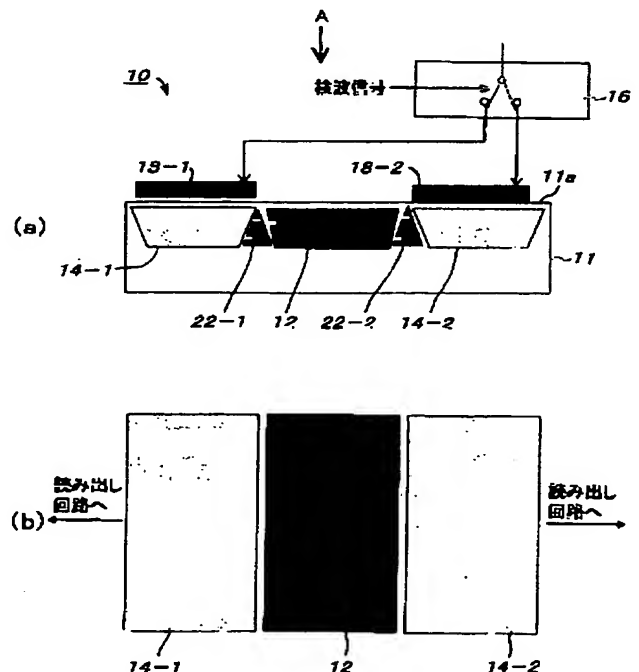
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子

(57) 【要約】

【課題】 高い周波数の光強度位相検波を可能にした固体撮像素子を提供する。

【解決手段】 強度変調された光を入射し、光電子変換により光電子を生成する光電子変換手段と、上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積可能な複数の蓄積手段と、上記強度変調された光と同期した信号に応じて、上記蓄積手段のいずれかを選択し、該選択された蓄積手段に上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積するように制御する光電子蓄積制御手段とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 強度変調された光を入射し、光電子変換により光電子を生成する光電子変換手段と、

前記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積可能な複数の蓄積手段と、

前記強度変調された光と同期した信号に応じて、前記蓄積手段のいずれかを選択し、該選択された蓄積手段に前記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積するように制御する光電子蓄積制御手段とを有する固体撮像素子。

【請求項2】 強度変調された光を入射し、光電子変換により光電子を生成する光電子変換手段と、前記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積可能な複数の蓄積手段と、前記強度変調された光と同期した信号に応じて、前記蓄積手段のいずれかを選択し、該選択された蓄積手段に前記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積するように制御する光電子蓄積制御手段とからなる画素が、所定の2次元平面に複数配設されたものである固体撮像素子。

【請求項3】 請求項1または請求項2のいずれか1項に記載の固体撮像素子において、前記光電子変換手段はフォトダイオードである固体撮像素子。

【請求項4】 請求項1、請求項2または請求項3のいずれか1項に記載の固体撮像素子において、さらに、前記蓄積手段は前記光電子変換手段に隣接して配設されるとともに、前記蓄積手段と前記光電子変換手段との間には、前記蓄積手段に蓄積された光電子が前記光電子変換手段に戻るのを防止する逆流防止手段を有する固体撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体撮像素子に関し、さらに詳細には、CCD (charge-coupled device) 形、MOS (metal-oxide-semiconductor) 形、あるいは、ハイブリッド形式などの各種形式の固体撮像素子として用いて好適な固体撮像素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば、CCD形の固体撮像素子においては、フォトダイオードを画素として、フォトダイオードに光が入射すると、フォトダイオードで光電子変換が行われるとともに、光電子変換により生成された光電子はフォトダイオードの寄生容量でフォトダイオードに蓄積される。そして、フォトダイオードに蓄積された信号電荷をCCDにより転送するようになされている。

【0003】こうした従来のCCD形の固体撮像素子においては、1枚の画像を獲得するのにミリ秒以上の時間を要していた。また、固体撮像素子によって獲得される

画像は、2次元画像である。

【0004】ここで、こうした固体撮像素子は光を利用した装置なので、時間遅れを正確に測定することができれば、距離の測定が可能になると考えられる。そして、固体撮像素子によって2次元画像とともに距離情報をも取得できれば、固体撮像素子を3次元の物体認識に用いることができるようになる。

【0005】しかしながら、従来のCCD形の固体撮像素子では、高周波、例えば、10MHz以上の周波数の位相検出は行えず、非常に時間差の少ない光強度の位相差を検出することができないという問題点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記したような従来の技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高い周波数の光強度位相検出を可能にした固体撮像素子を提供しようとするものである。

【0007】また、本発明の目的とするところは、時間遅れを正確に測定することにより距離測定を可能にして、3次元の物体認識に用いることのできる固体撮像素子を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、光を受光して光電子変換を行う光電子変換手段において生成された光電子を、光電子変換手段には蓄積せずに、光電子蓄積制御手段によって複数の蓄積手段のいずれかに移動させて、蓄積手段において蓄積するようにしたものである。

【0009】ここで、図1には、本発明による固体撮像素子の動作原理を解説するための説明図が示されており、図1を参照しながらより詳細に説明する。なお、以下の説明においては、説明を簡潔にして、本発明による理解を容易にするために、蓄積手段が2つの場合について説明することとする。

【0010】即ち、図1に示された本発明による固体撮像素子100は、光電子変換を行う光電子変換手段102と、光電子変換により生成された光電子をそれぞれ蓄積する2つの蓄積手段104-1、104-2と、光電子変換手段102と蓄積手段104-1、104-2との間で2つの蓄積手段104-1、104-2のいずれの蓄積手段に光電子を移動させるかを切り換える処理を行う光電子蓄積制御手段106とを有して構成されている。

【0011】このように、固体撮像素子100の1画素は、光電子変換手段102と2つの蓄積手段104-1、104-2と光電子蓄積制御手段106とによって形成されている。

【0012】そして、光電子変換手段102には、強度が所定の周期で変調された光（以下、「強度変調光」と称する。）が入射する。より詳細には、能動的か受動的

かに関わらず、強度が一定の周期で変調された光源を用い、こうした光源からの光、即ち、強度変調光が光電子変換手段102に入射するようにする。なお、本明細書においては、「強度が一定の周期で変調された光源」を、「変調光源」と適宜称することとする。

【0013】能動的な変調光源としては、レーザーや発光ダイオードを用いたAM (Amplitude Modulation: 振幅変調) 変調光源などを用いることができる。また、受動的な変調光源の例としては、波長の異なる光線が干渉を起こした場合などがある。

【0014】さらに、変調光源における変調の周波数は、任意に変更することが可能となされているが、1MHzから1GHzの範囲とすることが実用上は適当である。

【0015】一方、光電子蓄積制御手段106は、光電子変換手段102に入射した強度変調光が変調された所定の周期に同期した信号、即ち、強度変調光の変調周期に同期した検波信号に応じて光電子が蓄積される蓄積手段の切り換えを制御する。

【0016】光電子蓄積制御手段106は、この検波信号に応じて2つの蓄積手段104-1、104-2のいずれかを選択し、当該選択した蓄積手段に光電子が蓄積されるように制御する。

【0017】そして、光電子変換手段102に入射する強度変調光の変調周期に同期した検波信号は、例えば、強度変調光と全くその周期を同じくした信号でもよいし、あるいは、強度変調光の変調周期の位相を遅延した信号や、強度変調光の変調周期の位相を逆位相した信号や、強度変調光の変調周期を分周した信号としてもよい。どのような検波信号を用いるかは、装置の目的に沿った全体的な設計から決定すればよい。

【0018】最も基本的な動作を行う場合には、こうした構成の固体撮像素子100において、検波信号として強度変調信号と全く同じ周期の信号を用いて、検波信号の振幅の最大値で蓄積手段104-1、検波信号の振幅の最小値で蓄積手段104-2を選択するようにする。

【0019】そして、変調光源を固体撮像素子100の画素に密着した状態で、変調光源からの強度変調光を光電子変換手段102に入射する。その結果、一定時間経過後には、蓄積手段104-1に蓄積された光電子数は蓄積手段104-2に蓄積された光電子数に比べて多くなる。

【0020】ここで、変調光源を固体撮像素子100の画素から遠ざけると、距離に応じた時間遅れから、蓄積手段104-1に蓄積される光電子数が減少し、蓄積手段104-2に蓄積される光電子数が増加する。

【0021】例えば、10MHzの強度変調光を用いた場合には、10MHzの強度変調光の周期Tは100nsなので、この周期Tを光速で割ると、周期T間の光の旅程は30mである。

【0022】従って、15mの旅程の強度変調光が光電子変換部102に入射した場合には、蓄積手段104-1に蓄積される光電子数と蓄積手段104-2に蓄積される光電子数との関係が、変調光源を固体撮像素子100の画素と密着させた場合と逆転する。

【0023】つまり、強度変調光の旅程が0mから15mに範囲では、その距離に応じて、蓄積手段104-1に蓄積される光電子数と蓄積手段104-2に蓄積される光電子数との比率が決定される。この際、仮に検出精度を1%に想定すると、15cmの分解能で、変調光源と固体撮像素子100との間の距離計測が可能になるものである。

【0024】上記したような観点において、本発明のうち請求項1に記載の発明は、強度変調された光を入射し、光電子変換により光電子を生成する光電子変換手段と、上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積可能な複数の蓄積手段と、上記強度変調された光と同期した信号に応じて、上記蓄積手段のいずれかを選択し、該選択された蓄積手段に上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積するように制御する光電子蓄積制御手段とを有するようにしたものである。

【0025】従って、本発明のうち請求項1に記載の発明によれば、強度変調された光と同期した信号に応じた光電子蓄積制御手段の制御によって、光電子変換手段の光電子変換によって生成された光電子が複数の蓄積手段のいずれかに蓄積され、高周波、例えば、10MHz以上の周波数の位相検出が行えるようになり、非常に時間差の少ない光強度の位相差を検出することができる。

【0026】こうして、本発明のうち請求項1に記載の発明によれば、高い周波数の光強度位相検波を可能になるとともに、時間遅れを正確に測定することもできるようになり、距離の測定を可能にして、3次元での物体認識に用いることができる。

【0027】また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、強度変調された光を入射し、光電子変換により光電子を生成する光電子変換手段と、上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積可能な複数の蓄積手段と、上記強度変調された光と同期した信号に応じて、上記蓄積手段のいずれかを選択し、該選択された蓄積手段に上記光電子変換手段によって生成された光電子を蓄積するように制御する光電子蓄積制御手段とからなる画素が、所定の2次元平面に複数配設されるようにしたものである。

【0028】従って、本発明のうち請求項2に記載の発明によれば、画素を所定の2次元平面に多数並べて集積化した場合に、高い周波数の光強度位相検波を可能になるとともに、時間遅れを正確に測定することもできるようになり、距離の測定を可能にして、3次元での物体認識に用いることができる。

【0029】また、本発明のうち請求項3に記載の発明

のように、請求項1または請求項2のいずれか1項に記載の発明において、上記光電子変換手段はフォトダイオードであるようにしてもよい。

【0030】また、本発明のうち請求項4に記載の発明は、請求項1、請求項2または請求項3のいずれか1項に記載の発明において、さらに、上記蓄積手段は上記光電子変換手段に隣接して配設されるとともに、上記蓄積手段と上記光電子変換手段との間には、上記蓄積手段に蓄積された光電子が上記光電子変換手段に戻るのを防止する逆流防止手段を有するようにしたものである。

【0031】従って、本発明のうち請求項4に記載の発明によれば、逆流防止手段によって、光電子変換手段に隣接する複数の蓄積手段のそれぞれに蓄積された光電子が、光電子変換手段に逆流して戻ることを防止できる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照しながら、本発明による固体撮像素子の実施の形態の一例を詳細に説明する。

【0033】図2(a)には、本発明による固体撮像素子の実施の形態の一例の概念構成説明図(断面図)が示されており、図2(b)は図2(a)におけるA矢視図の一部を省略して示した説明図が示されている。

【0034】即ち、固体撮像素子10は、略直方体形状の本体部11と、本体部11の上面11a側に埋め込まれたフォトダイオード12と、フォトダイオード12の両側にそれぞれ位置するようにして本体部11の上面11a側に埋め込まれた2つの蓄積部14-1、14-2と、本体部11の上面11aに配設された2つの電極18-1、18-2と、2つの蓄積部14-1、14-2それぞれに設けられた読み出し回路(図示せず)と、2つの蓄積手段14-1、14-2のいずれの蓄積手段に光電子を移動させるかを切り換える処理を行う光電子蓄積制御手段としてのスイッチング回路16とを有して構成されているものである。

【0035】この図2に示す固体撮像素子10は、フォトダイオード12と2つの蓄積部14-1、14-2とスイッチング回路16とからなる画素を、1画素のみ有するものである。

【0036】フォトダイオード12は、固体撮像素子10に入射する光を受光する受光部である。このフォトダイオード12には、変調光源(図示せず)からの強度変調光が入射するようになされており、この実施の形態においては、強度変調光の変調の周波数は10MHzとする。

【0037】そして、フォトダイオード12は、強度変調光が入射すると、入射した強度変調光の光量子を光電子変換して光電子を生成するものである。

【0038】一方、2つの蓄積部14-1、14-2は、いずれも同一の構成を備えた埋め込みチャネルである。そして、2つの蓄積部14-1、14-2はそれぞれ、

れ、フォトダイオード12において生成された光電子を蓄積する。

【0039】ここで、蓄積部14-1は、フォトダイオード12の一方の側に隣接して配設されており、蓄積部14-2は、フォトダイオード12の他方の側に隣接して配設されている。そして、蓄積部14-1とフォトダイオード12との間ならびに蓄積部14-2とフォトダイオード12の間には、不純物ドーパのポテンシャルバリア22-1、22-2が設けられている。

【0040】この不純物ドーパのポテンシャルバリア22-1により、蓄積部14-1に蓄積された光電子が、フォトダイオード12に逆流することが防止されている。また、不純物ドーパのポテンシャルバリア22-2により、蓄積部14-2に蓄積された光電子が、フォトダイオード12に逆流することが防止されている。

【0041】電極18-1は蓄積部14-1に対向する位置に配設されており、電極18-2は蓄積部14-2に対向する位置に配設されている。

【0042】そして、2つの電極18-1、18-2はいずれも、ポテンシャル操作の電極であり、電極18-1に印加される電圧と電極18-2に印加される電圧とは逆相となされている。

【0043】なお、電極18-1に印加される電圧と電極18-2に印加される電圧は、不純物ドーパのポテンシャルバリア22-1、22-2に応じて比較的小さくし、例えば5Vにするとよい。

【0044】読み出し回路は、蓄積部14-1、14-2それぞれに蓄積された電荷信号を転送するためのものである。

【0045】具体的には、読み出し回路としては、固体撮像素子の電荷信号の転送方式として公知の各種方式を用いることができるので、その詳細な説明は省略することとする。即ち、読み出し回路は、例えば、電界効果トランジスタを使用した方式でもよいし、あるいは、CCD方式でもよい。

【0046】そして、スイッチング回路16は、フォトダイオード12に入射する強度変調光の周期信号に同期した信号、即ち、強度変調光の変調周期に同期した検波信号に応じて光電子が蓄積される蓄積手段14-1、14-2の切り換えを制御する。

【0047】即ち、スイッチング回路16は、検波信号に応じて2つの蓄積手段14-1、14-2のいずれかを選択し、当該選択した蓄積手段に光電子が蓄積されるように制御するものである。

【0048】この実施の形態においては、検波信号は変調の周波数が10MHzの強度変調光と全くその周期を同じくした信号とする。

【0049】以上の構成において、図3(a)(b)を参照しながら、上記した固体撮像素子の動作について説明を行うものとする。

【0050】図3(a)(b)には、固体撮像素子10の画素周辺のポテンシャルを示す説明図が示されており、図3(a)は、電極18-2が正電位印加状態の場合の固体撮像素子10の画素周辺のポテンシャルを示す説明図であり、図3(b)は、電極18-1が正電位印加状態の場合の固体撮像素子10の画素周辺のポテンシャルを示す説明図である。

【0051】まず、図示しない変調光源から、変調の周波数が10MHzの強度変調光が固体撮像素子10に入射される。この強度変調光は、フォトダイオード12によって受光され、入射した強度変調光の光子がフォトダイオード12によって光電子変換されて光電子が生成される。

【0052】こうしてフォトダイオード12の光電子変換によって生成された光電子は、検波信号に応じたスイッチング回路16の制御によって、蓄積部14-1かまたは蓄積部14-2のいずれかに移動される。従って、フォトダイオード12の光電子変換によって生成された光電子は、フォトダイオード12に蓄積されずに、蓄積部14-1か、あるいは、蓄積部14-2に蓄積される。

【0053】より詳細には、強度変調光と全くその変調周期を同じくした検波信号の振幅の最大値で、電極18-1を正電位印加状態にするようにしてスイッチング回路16が切り換わる。こうして検波信号の振幅の最大値に同期して電極18-1が正電位印加状態になると、図3(b)に示すようにして、フォトダイオード12の光電子変換によって生成された光電子は、検波信号の振幅の最大値で蓄積部14-1に移動して蓄積部14-1に蓄積される。

【0054】一方、強度変調光と全くその変調周期を同じくした検波信号の振幅の最小値で、電極18-2を正電位印加状態にするようにしてスイッチング回路16が切り換わる。こうして検波信号の振幅の最小値に同期して電極18-2が正電位印加状態になると、図3(a)に示すようにして、フォトダイオード12の光電子変換によって生成された光電子は、検波信号の振幅の最小値で蓄積部14-2に移動して蓄積部14-2に蓄積される。

【0055】そして、変調の周波数が10MHzの強度変調光が固体撮像素子10に入射しているため、強度変調光の旅程が0mから15mに範囲では、その距離に応じて蓄積部14-1に蓄積される光電子数と蓄積部14-2に蓄積される光電子数との比率が決まる。

【0056】即ち、強度変調光の旅程が0mから15mに範囲において、変調光源と固体撮像素子10の画素との間が短くて密着している場合には、蓄積部14-1に蓄積された光電子数は蓄積手段14-2に蓄積された光電子数に比べて多くなる。

【0057】逆に、強度変調光の旅程が0mから15m

に範囲において、変調光源と固体撮像素子10の画素との間が長く、変調光源が固体撮像素子10の画素から遠ざかっている場合には、変調光源と固体撮像素子10の画素とが密着している場合と逆転する。即ち、距離に応じた時間遅れから、蓄積部14-1に蓄積される光電子数が減少し、蓄積部14-2に蓄積される光電子数が増加する。

【0058】なお、蓄積部14-1に蓄積された光電子数と蓄積部14-2に蓄積された光電子数との総和が輝度であり、蓄積部14-1に蓄積された光電子数と蓄積部14-2に蓄積された光電子数との差が距離である。

【0059】そして、蓄積部14-1に蓄積された電荷信号と蓄積部14-2に蓄積された電荷信号とはそれぞれ、読み出し回路によって転送される。

【0060】上記したように、本発明による固体撮像素子10においては、フォトダイオード12と、複数の蓄積部14-1、14-2と、フォトダイオード12に入射する強度変調光の変調周期に同期した検波信号に応じた制御を行うスイッチング回路16とを有するようにしたため、検波信号に応じたスイッチング回路16の制御によって、フォトダイオード12の光電子変換によって生成された光電子が蓄積部14-1か、あるいは、蓄積部14-2に蓄積され、高周波、例えば、10MHz以上の周波数の位相検出が行えるようになり、非常に時間差の少ない光強度の位相差を検出することができる。

【0061】こうして、本発明による固体撮像素子10によれば、高い周波数の光強度位相検波が可能になるとともに、時間遅れを正確に測定することもできるようになり、距離の測定を可能にして、3次元での物体認識に用いることができる。

【0062】つまり、固体撮像素子10の画素が担当するところが、近くのものであれば一方の蓄積部に、遠くのものであれば他方の蓄積部に、光電子が高速で振り分けられて蓄積されるので、蓄積部に蓄積された光電子を読み出し回路によって読み出すと、2次元画像とともに距離情報をも取得することができる。

【0063】また、本発明による固体撮像素子10によれば、読み出し回路としては、固体撮像素子の電荷信号の転送方式として公知の各種方式を用いることができる。つまり、本発明による固体撮像素子10の画素は、従来の固体撮像素子との適合性が高く、従来の固体撮像素子における設計ノウハウなどを利用することができるので、量産も可能である。

【0064】こうした本発明による固体撮像素子10の設計に際しては、従来の固体撮像素子における設計ノウハウなどを利用するとともに、1つのフォトダイオード12に対して複数の読み出し経路を設けることや、従来の固体撮像素子に比べて電極18-1、18-2にかかる周波数が高い点などを考慮した構造あるいは駆動方法を実装するとよい。

【0065】さらに、本発明により固体撮像素子10には、変調光源からの強度変調光が入射するようにしたが、より詳細には、こうした変調光源で照射される被写体からの反射光や、あるいは、透過光、蛍光画像などの撮像も可能になる。例えば、より高速な振り分けを可能するように配線構造などを変更することにより、蛍光色素の寿命計測や、光散乱の影響を除外する必要がある撮影にも本発明による固体撮像素子10を用いることができる。

【0066】次に、本発明による固体撮像素子10における画素、即ち、フォトダイオード12と2つの蓄積部14-1、14-2とスイッチング回路16とからなる画素を平面に多数並べて集積化する場合について説明することとする。

【0067】図4には、本発明による固体撮像素子10の画素を平面に2次元に多数並べた2次元配列の固体撮像素子の一例を示す概念構成説明図が示されている。

【0068】なお、図4乃至図9において、図2と同一あるいは相当する構成に関しては、図2において用いた符号と同一の符号を用いて示すことにより、その詳細な構成および作用の説明は省略する。

【0069】この図4に示す固体撮像素子40には、4行4列にわたって16個の画素が2次元に並べられている。

【0070】ここで、本発明による固体撮像素子10（図2参照）と、固体撮像素子40（図4参照）とを比較すると、固体撮像素子10においては、画素は1画素のみであるとともに、フォトダイオード12の両側にそれぞれ隣接して蓄積部14-1と蓄積部14-2とが配設されているのに対して、固体撮像素子40においては、画素は16画素であって、フォトダイオード12の一方の側のみに隣接して蓄積部14-1と蓄積部14-2とが配設されている点において、両者は異なっている。

【0071】そして、蓄積部14-1、14-2それぞれに設けられる読み出し回路としては、上記した固体撮像素子10と同様に、固体撮像素子の電荷信号の転送方式として公知の各種方式を用いることができる。従って、図4においては、固体撮像素子40の構成がスイッチ形式で示されているが、このスイッチは電界効果トランジスタスイッチでもよいし、適切な設計のCCD転送路であってもよい。

【0072】ただし、従来の2次元の固体撮像素子においては、固体撮像素子の電荷信号の転送方式として通常、画素行列の行を選択（あるいは転送）する部分と、選択された（あるいは転送された）行の信号を順次列方向に走査する列選択（あるいは列転送、ライン転送と呼ばれることもある）の部分とからなる。

【0073】従って、従来の2次元の固体撮像素子においては、画素行列の行方向には行選択のための配線が走

っているが、列方向には選択のための配線がないことが多い。

【0074】また、固体撮像素子40の画素は、上記した固体撮像素子10と同様に、従来の固体撮像素子との適合性が高く、従来の固体撮像素子における設計ノウハウなどを利用することができる。つまり、2次元配列の固体撮像素子40における列方向配線の追加は、行方向配線の追加に比べて余裕があり容易である。

【0075】従って、図4に示すように、固体撮像素子40においては、検波信号の検波信号線は列方向（図4における上下方向参照）に配線するとよい。

【0076】なお、蓄積部の数や切り換えの方法などによって配線数は異なるが、この検波信号は基本的に全画素同一なので、列方向配線だけで配線可能である。また、固体撮像素子の構成によっては、行方向の配線とする必要があるなら、行選択のための回路を配置する側と反対側の側面から配線することもできる。

【0077】以上の構成の固体撮像素子40においても、固体撮像素子10と同様にして、16個の画素それぞれが担当するところが、近くのものであれば一方の蓄積部に、遠くのものであれば他方の蓄積部に、光電子が高速で振り分けられて蓄積されるので、蓄積部に蓄積された光電子を読み出し回路によって読み出すと、2次元画像とともに距離情報をも取得できる。

【0078】つまり、固体撮像素子40においても、上記した固体撮像素子10と同様に、高い周波数の光強度位相検波を可能になるとともに、時間遅れを正確に測定することもできるようになり、距離の測定を可能にして、3次元での物体認識に用いることができる。より詳細には、複数の蓄積部それぞれへの高速な光電子で振り分けにより、ナノ秒台での時間差の検出が実現され、10cm程度での分解能で距離情報を1枚の固体撮像素子で獲得することが可能になる。

【0079】また、量産も可能であり、変調光源で照射される被写体からの反射光や、あるいは、透過光、蛍光画像などの撮像も可能となつて、蛍光色素の寿命計測や、光散乱の影響を除外する必要がある撮影にも固体撮像素子40を用いることができる。

【0080】なお、上記した固体撮像素子40においては、複数の画素を平面に2次元に多数並べているが、これに限られるものではないことは勿論であり、複数の画素を平面に1次元に並べてラインセンサーを構成することも可能である。この際、固体撮像素子40の場合と同様に、配線方法などの各種変更を行うようにすればよい。

【0081】次に、本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例について説明することとする。

【0082】図5には、本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例を用いた3次元物体認識システムを示す説明図が示されており、図6には、図5に示す3次元

物体認識システムに用いられる固体撮像素子の画素を中心に示した概念構成説明図が示されている。

【0083】この3次元物体認識システム52は、光源を強度変調するための高周波発生器54と、被写体200に強度変調光を照射する変調光源たる高輝度高速発光ダイオード56と、被写体200からの反射光が入射する結像光学系58と、結像光学系58からの出射光が入射する固体撮像素子50と、固体撮像素子50からの映像信号が入力する信号処理装置60とを有して構成されている。

【0084】そして、この3次元物体認識システム52に用いられている固体撮像素子50は、図6に示すように、複数の画素それぞれが、フォトダイオード12と4つの蓄積部14-1, 14-2, 14-3, 14-4とスイッチング回路16（図示せず）とからなるものである。

【0085】さらに、検波信号の位相角0度、90度、180度、270度の位相の異なる4つの信号を用いる。これにより、4個の蓄積部14-1, 14-2, 14-3, 14-4の電荷の合計はいわゆる輝度であり、0度と180度で選択される蓄積部14-1, 14-3の電荷の差が高周波強度変調光の正弦成分であり、90度と270度で選択される蓄積部14-2, 14-4の電荷の差が高周波強度変調光の余弦成分である。

【0086】従って、高周波で強度変調できる光源（即ち、変調光源）と通常的光源（例えば、太陽光、白熱灯、蛍光灯など）の両方で被写体200が照明される状況下においても、4個の蓄積部14-1, 14-2, 14-3, 14-4により同期した高周波変調成分を容易に分離できる。従って、高い周波数の光強度位相検波をより高精度に行うことができる。

【0087】こうした構成の固体撮像素子50を用いた3次元物体認識システム52においては、例えば、10MHzの高周波を高周波発生器54から発生して、高輝度高速発光ダイオード56を駆動する。この際、高周波発生器54は高輝度高速発光ダイオード56を駆動すると同時に、検波信号を固体撮像素子50に供給する。

そして、高輝度高速発光ダイオード56からの強度変調光が被写体200に照射され、被写体200からの反射光が結像光学系58を介して固体撮像素子50に入射する。

【0088】固体撮像素子50においては、高輝度高速発光ダイオード56で照明された被写体200からの反射光を位相検波しながら受光する。

【0089】そして、適当な周期、例えば、ビデオの走査周期（60Hz）で固体撮像素子50を走査して、各画素の各位相成分の電荷を独立に読み出す。この際、情報量は画素の蓄積部の数×水平画素数×垂直画素数×検出精度となる。

【0090】こうして固体撮像素子50の各画素の各位

相成分の電荷を独立に読み出し、各位相の映像信号が信号処理装置60に入力されると、デジタル画像処理手法などを応用して、各画素毎に位相角を求められ、隣接画素の関係から、被写体200の3次元映像の計算がなされる。

【0091】被写体200から固体撮像素子50までの距離をDとしたとき、光の旅程は概ね2Dとなるので、被写体200に照射される周波数10MHzの強度変調光の周期T、即ち1周期100nsでの最大検出距離は約15mとなる。仮に、検出精度が1%とすると、15cmの分解能で、被写体200と固体撮像素子50との間の距離計測が可能である。

【0092】このような3次元物体認識システム52に用いられる固体撮像素子50においても、上記した固体撮像素子10, 40と同様に、高い周波数の光強度位相検波を可能になるとともに、時間遅れを正確に測定することもできるようになり、距離の測定を可能にして、3次元での物体認識に用いることができる。また、量産も可能であり、変調光源で照射される被写体からの反射光や、あるいは、透過光、蛍光画像などの撮像も可能となって、蛍光色素の寿命計測や、光散乱の影響を除外する必要のある撮影にも固体撮像素子50を用いることができる。

【0093】そして、固体撮像素子50を用いた3次元物体認識システム52は、例えば、自動車に配設して衝突防止装置として利用することもできるし、ロボットに配設してロボットの移動制御装置として利用することができる。

【0094】なお、図10(a)には、本発明による固体撮像素子の画素部分をMOSFET（MOS電界効果トランジスタ）を用いて構成する場合の回路図が示されている。この回路において、 V_{r1} , V_{r2} , V_{ss} , V_{dd} は適当な電源電圧であり、FET（電界効果トランジスタ）の定数、極性については下記の動作が行えるように適宜に設計されているものとする。

【0095】rstP（画素リセット）に加えるリセット信号は検波周期Tの2倍の周波数である。Q1はこのrstP信号でオンになるFETであり、受光素子PD（フォトダイオード）の寄生容量をリセット電圧まで充電する。PDで受光し生じた光電荷はPDの寄生容量を放電する。つまり、rstPに加えるリセット信号の間隔でPDには一時的に光電荷が蓄積される。C1とC2の容量がそれぞれ位相検波に用いる蓄積容量である。detA（検波信号A）とdetB（検波信号B）にはそれぞれ周期Tのパルスを与えるが、図10(b)に示したように位相が異なり、rstPのリセットの直前に加える。

【0096】detAが1になると、Q3（スイッチFET）がアクティブになり、PDの電荷がQ2で増幅された電流がC1を放電する。ここで、Q2（増幅FE

T)を比較的低い値での定電流動作にしておけば、C1は1回のパルスでは飽和放電されることはなく、PDの電圧(Q2のゲート電圧)とパルス幅に応じた電荷が放電される。

【0097】同様に、det Bが1になると、Q4(スイッチFET)がアクティブになり、PDの電荷がQ2で増幅された電流がC2を放電する。上記と同様に、C2は1回のパルスでは飽和放電されることはなく、PDの電圧(Q2のゲート電圧)とパルス幅に応じた電荷が放電される。ここで、Q3とQ4のON抵抗、C1とC2の容量はそれぞれ同じである必要がある。

【0098】ここまでの動作で、例えば、周期Tを100nsecとすれば、通常の画面読み出し時間(NTSC(National Television System Committee)ならば16.7msec)の間に非常に多数回のスイッチングが行われる。この多数回のパルスによってC1、C2が受光した光電流を十分なダイナミックレンジを保ちつつ積分されるようにC1、C2の容量、Q2の電流及びパルス幅を設定する。

【0099】C1とC2に蓄積した電荷の読み出しはQ7(増幅FET)とQ8(増幅FET)のFETで増幅したのち、Q9(スイッチFET)とQ10(スイッチFET)のスイッチングで行う。読み出した直後に、C1とC2はQ5(リセットFET)とQ6(リセットFET)によってリセットする。それぞれのタイミングは図10(b)に示したような波形が適当であろう。ここで、sel Aとsel B、rst Aとrst Bは1画面に1回のパルスであり、周期は画面読み出し時間(NTSCならば16.7msec)である。このパルスは、det A、det Bに重ならないならば任意に設定することができる。

【0100】なお、上記した実施の形態は、以下の(1)乃至(6)に説明するように変形することができる。

【0101】(1)上記した実施の形態の固体撮像素子10、40においては、検波信号がフォトダイオード12に入射する強度変調光の変調周期に同期した信号とし、この強度変調光の変調の周波数は10MHzとしたが、これに限られるものではないことは勿論であり、強度変調光の変調の周波数は任意に変更することが可能なものである。

【0102】さらに、検波信号をフォトダイオード12に入射する強度変調光の変調周期に同期した信号とするためには、この強度変調光の変調周期を正確に示す信号は欠かせないものである。こうした強度変調光の変調周期を正確に示す信号は、変調光源から送信されるようにしてもよいし、あるいは、他のシステムにより強度変調光の変調周期が検出されて送信されるようにしてもよい。

【0103】(2)上記した実施の形態の固体撮像素子10、40、50においては、フォトダイオード12で生成された光電子が、フォトダイオード12に蓄積されることなしに蓄積部14-1、14-2に蓄積されることと、フォトダイオード12で生成された光電子を高速で蓄積部14-1、14-2に移動させることから、フォトダイオード12は小さくするとよい。

【0104】具体的には、従来の固体撮像素子において通常用いられる $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ のフォトダイオードを本発明による固体撮像素子10に配設してもよいが、例えば、 $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ のフォトダイオード、あるいは、 $2\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$ のフォトダイオードを配設するようにするとよい。この際、こうした小さいフォトダイオードを配設した場合には開口率が低下するので、マイクロレンズを配設して補完するようにするとよい。

【0105】(3)上記した実施の形態の固体撮像素子10、40、50においては、2つあるいは4つの蓄積部14-1、14-2、14-3、14-4を有するようにしたが(図2、図4ならびに図6参照)、これに限られるものではないことは勿論であり、蓄積部の数は複数あればよく、3つや5つ以上の蓄積部を有するようにしてよい。

【0106】さらに、複数の蓄積部の配設位置は、いずれの蓄積部もフォトダイオード12に近接して配設すればよい。例えば、図7に示すように、フォトダイオード12の外周側に6つの蓄積部14-1、14-2、14-3、14-4、14-5、14-6を近接するように配設してもよく、画素の省スペース化や配線効率などに応じて各種変更をするとよい。

【0107】(4)上記した実施の形態の固体撮像素子10、40、50においては、単一のフォトダイオード12に対応して複数の蓄積部を有するようにしたが(図2、図4ならびに図6参照)、これに限られるものではないことは勿論であり、複数のフォトダイオード12に対応して複数の蓄積部を有するようにしてよい(図8参照)。

【0108】なお、図8に示す場合においては、フォトダイオード12-1によって生成された光電子は、蓄積部14-1、14-2、14-5、14-6に蓄積され、フォトダイオード12-2によって生成された光電子は、蓄積部14-2、14-3、14-6、14-7に蓄積される。

【0109】(5)上記した実施の形態の固体撮像素子10、40、50においては、不純物ドーパのポテンシャルバリア22-1、22-2を設けるようにしたが、図9に示すように、ポテンシャル操作用の電極として4つ電極18-3、18-4、18-5、18-6を配設して電極印可電圧を多値制御することにより、ポテンシャルバリア22-1、22-2(図2参照)を設けることなしに、蓄積部に蓄積された光電子がフォトダイオード

ド12へ逆流することを防止できる。

【0110】(6) 上記した実施の形態ならびに上記(1)乃至(5)に示す変形例は、適宜に組み合わせるようにしてもよい。

【0111】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、高い周波数の光強度位相検波を可能にした固体撮像素子を提供することができるという優れた効果を奏する。

【0112】また、本発明は、以上説明したように構成されているので、時間遅れを正確に測定することにより距離測定を可能にして、3次元の物体認識に用いることのできる固体撮像素子を提供することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による固体撮像素子の動作原理を解説するための説明図である。

【図2】(a)は本発明による固体撮像素子の実施の形態の一例の概念構成説明図(断面図)であり、(b)は図2(a)におけるA矢視図の一部を省略して示した説明図である。

【図3】本発明による固体撮像素子の画素周辺のポテンシャルを示す説明図であり、(a)は電極18-2が正電位印加状態の場合の固体撮像素子の画素周辺のポテンシャルを示す説明図であり、(b)は、電極18-1が正電位印加状態の場合の固体撮像素子の画素周辺のポテンシャルを示す説明図である。

【図4】本発明による固体撮像素子の画素を所定の2次元平面に多数並べた2次元配列の固体撮像素子の一例を示す概念構成説明図である。

【図5】本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例を用いた3次元物体認識システムを示す説明図である。

【図6】図5に示す3次元物体認識システムに用いられる固体撮像素子の画素を中心に示した概念構成説明図である。

【図7】本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例を示す説明図である。

【図8】本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例を示す説明図である。

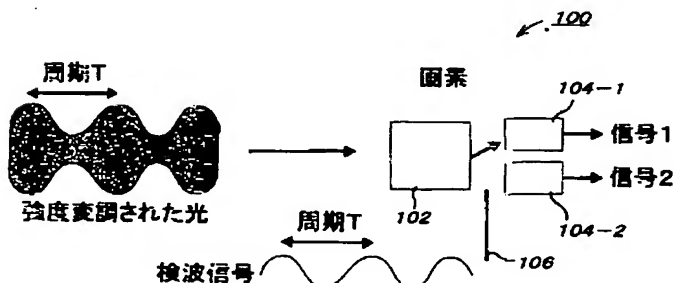
【図9】本発明による固体撮像素子の実施の形態の他の例を示す説明図である。

【図10】(a)は本発明による固体撮像素子の画素部分をMOSFETを用いて構成する場合の回路図であり、(b)は(a)に示す回路の各種信号の波形を示す波形図である。

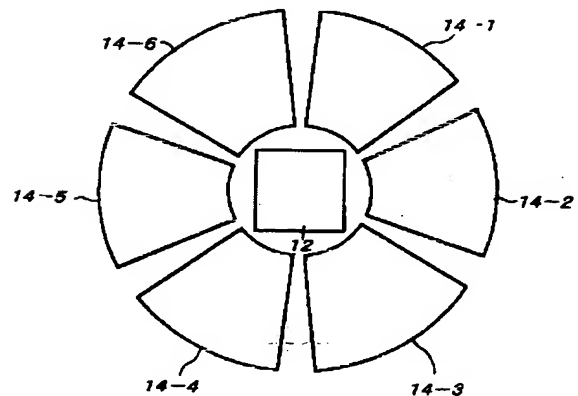
【符号の説明】

10, 40, 50, 100	固体撮像素子
11	本体部
11a	上面
12, 12-1, 12-2, 12-3	フォトダイオード
14-1, 14-2, 14-3, 14-4, 14-5, 14-6, 14-7, 14-8	蓄積部
16	スイッチング回路
18-1, 18-2, 18-3, 18-4, 18-5, 18-6	電極
52	3次元物体認識システム
54	高周波発生器
56	高輝度高速発光ダイオード
58	結像光学系
60	信号処理装置
102	光電子変換手段
104-1, 104-2	蓄積手段
106	光電子蓄積制御手段
200	被写体

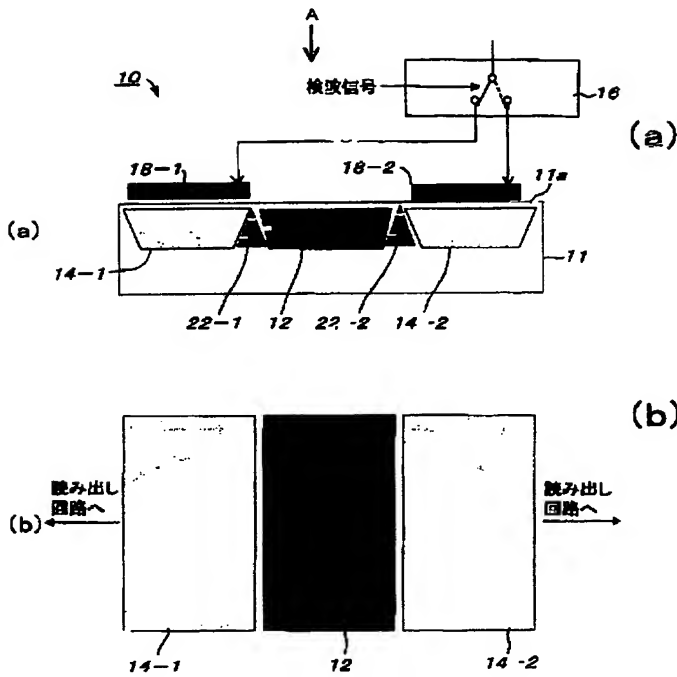
【図1】



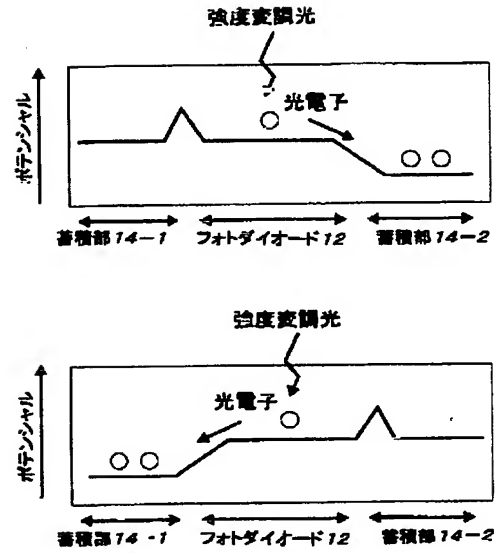
【図7】



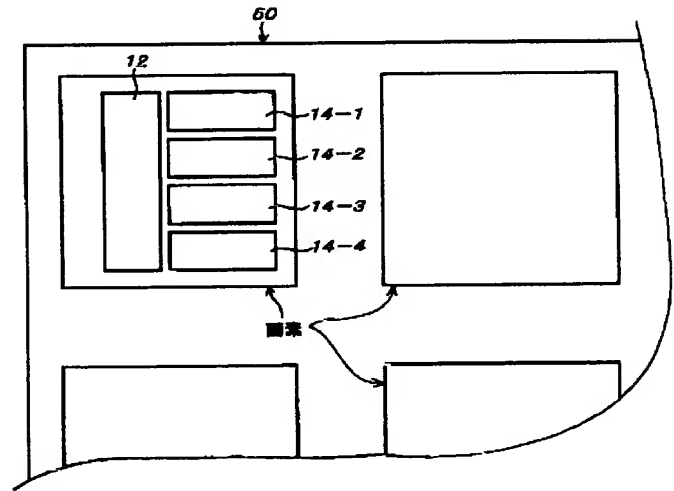
【図2】



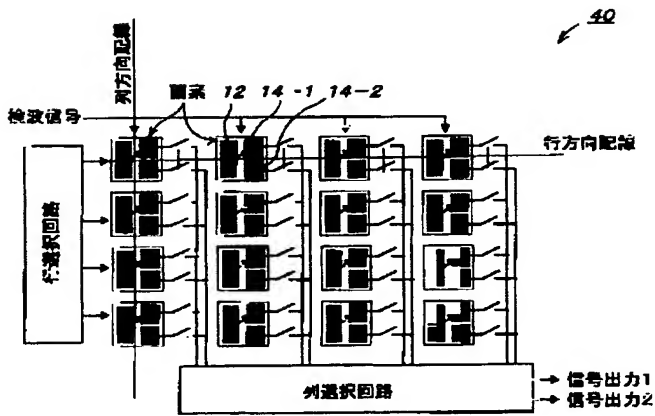
【図3】



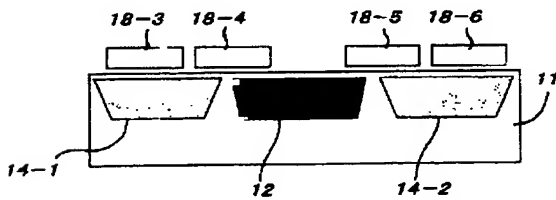
【図6】



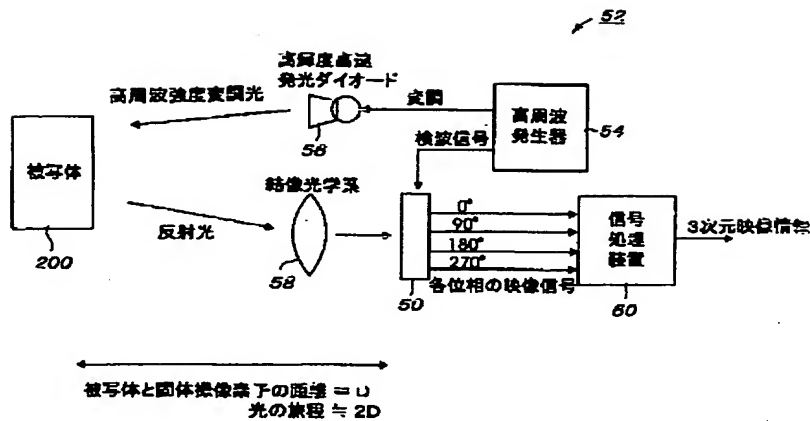
【図4】



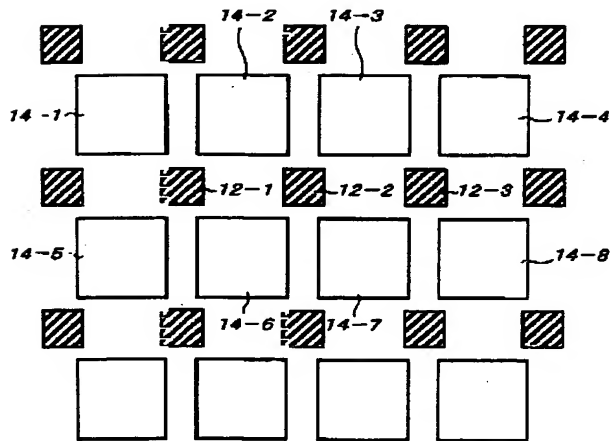
【図9】



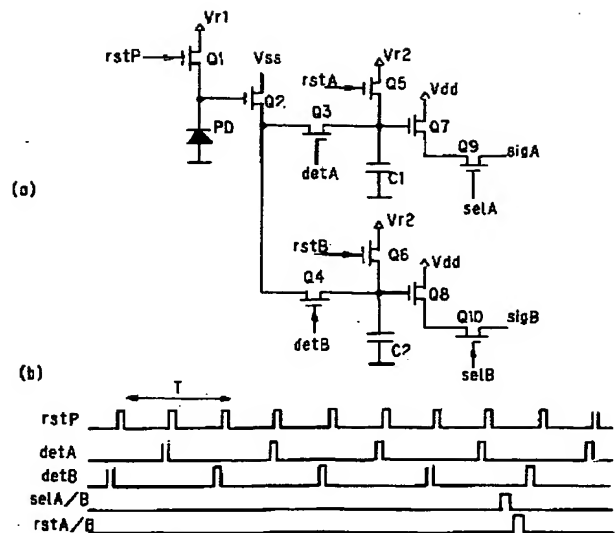
【図5】



【図8】



【図10】



rstP : 画素リセット
 detA : 検波信号A
 rstA : リセット信号A
 detB : 検波信号B
 rstB : リセット信号B
 selA : 出力選択A
 selB : 出力選択B
 Vrr : リセット電圧
 Vdd, Vss : 電源電圧
 sigA : 出力信号A
 sigB : 出力信号B

PD : フォトダイオード
 C1 : 蓄積容量A
 C2 : 蓄積容量B
 Q1 : リセットFET
 Q2 : 増幅FET
 Q3, Q4 : スイッチFET(検波)
 Q5, Q6 : リセットFET
 Q7, Q8 : 増幅FET
 Q9, Q10 : スイッチFET(選択)

フロントページの続き

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 AB03 BA10 BA14
 CA02 DA03 DB09 DD12 FA03
 FA06 FA38
 5C024 AX01 CY17 GX03 GZ41
 5F049 MA01 NB05 QA20 RA08 RA10
 UA20

THE NEW YORK